

10/568670

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

1

IAP20 Rec'd PCT/PTO 16 FEB 2006

Kugelfestgelenk mit gedrehten Bahnquerschnitten

Beschreibung

Die Erfindung betrifft Gleichlaufgelenke in Form von Festgelenken mit den Merkmalen:

ein Gelenkaußenteil, das eine Längsachse L12 und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das äußere Kugelbahnen aufweist,

ein Gelenkinnenteil, das eine Längsachse L13 und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils weisende Welle hat und das innere Kugelbahnen aufweist,

die äußeren Kugelbahnen und die inneren Kugelbahnen bilden Bahnpaare miteinander,

die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel auf,

jeweils zwei benachbarte Bahnpaare haben äußere Kugelbahnen, deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen E1, E2 liegen, und innere Kugelbahnen deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen E1', E2' liegen,

ein ringförmiger Kugelkäfig sitzt zwischen Gelenkaußenteil und Gelenkinnenteil und weist umfangsverteilte Käfigfenster auf, die jeweils die drehmomentübertragenden Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare aufnehmen,

die Mittelpunkte K₁, K₂ der Kugeln werden vom Kugelkäfig beim gestreckten Gelenk in der Gelenkmittlebene EM gehalten und bei Gelenkbeugung auf die winkelhalbierende Ebene zwischen den Längsachsen L12, L13 geführt.

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

2

Gelenke dieser Art sind beispielsweise aus der DE 44 40 295 C1 bekannt. Bei diesen Gelenken kann Drehmoment jeweils nur von der Hälfte der Kugeln in jeder Drehmomentrichtung übertragen werden.

Gelenke ähnlicher Art sind weiterhin aus der DE 100 33 491 A1 bekannt. Hierbei sind die äußeren Kugelbahnen und inneren Kugelbahnen im Querschnitt durch Kreisbögen definiert, wobei die jeweilige Symmetrieachse der Kugelbahnquerschnitte in den Ebenen liegt, die die Bahnmittellinien enthalten. Dies führt unter Drehmoment abhängig von der Drehmomentrichtung zu ungünstigen Belastungsverhältnissen an den Bahnkanten.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, Gelenke der genannten Art vorzuschlagen, die unter Drehmomentbelastung möglichst günstige Belastungsverhältnisse unabhängig von der Drehmomentübertragungsrichtung aufweisen.

Die Lösung hierfür liegt in Gelenken der genannten Art, bei denen die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen eines jeden Bahnpaares symmetrisch zu Symmetrieachsen ES_1 , ES_2 , die mit Ebenen $E1$, $E2$, $E1'$, $E2'$ gleich große entgegengesetzt angetragene Winkel φ_1 , φ_2 bilden und jeweils einen gemeinsamen Punkt M , M' haben. Hierbei ist vorgesehen, daß die Winkel φ_1 , φ_2 im Bereich von $0,8 \dots 1,3 \varphi_0$ liegen, wobei $2\varphi_0$ der Mittelpunktswinkel beim gestreckten Gelenk zwischen Radialstrahlen $RS1$, $RS2$ durch die Kugelmitten $K1$, $K2$ der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare ist. Die Bedeutung dieser Angabe läßt sich wie folgt näher erklären. Wenn φ_1 , φ_2 gleich φ_0 sind, ergibt es sich, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen eines jeden Bahnpaares jeweils symmetrisch zu Radialstrahlen $RS1$, $RS2$ von den Längsachsen durch die Kugelmitten $K1$, $K2$ der drehmomentübertragenden Kugeln des Bahnpaares sind; wenn φ_1 , φ_2 ungleich φ_0 sind, ergibt es sich, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen eines jeden Bahnpaares jeweils symmetrisch zu in der Querschnittsebene liegenden Geraden PS_1 , PS_2 sind, die parallel zu den Radialstrahlen $RS1$, $RS2$ sind und die sich jeweils in einem gemeinsamen Punkt M' mit Abstand zu den Längsachsen $L12$, $L13$ schneiden.

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

3

Hiermit wird bei Festgelenken, deren Kugeln in paarweise in im wesentlichen parallelen Ebenen E1, E2, E1', E2' verlaufenden Kugelbahnen geführt werden, wobei zur Erhöhung der Drehmomentbelastbarkeit jeweils zwei Kugeln in einem Käfigfenster aufgenommen werden, eine verbesserte Krafteinleitung in die Kugelbahnen sichergestellt, die unabhängig von der Drehmomentrichtung im wesentlichen gleiche Verhältnisse garantiert. Dies ist durch die symmetrische Ausgestaltung der Bahnquerschnitte jedes Bahnpaars relativ zu den Radialstrahlen RS1, RS2 von der Längsachse L12, L13 durch die Kugelmitten K1, K2 bzw. relativ zu solchen Radialstrahlen parallelen Geraden PS1, PS2 sichergestellt. Hierbei sind geringe Abweichungen von der strengen Symmetrie im Verhältnis zu den einzelnen Radialstrahlen RS1, RS2 zulässig und gegebenenfalls vorteilhaft, insbesondere dann, wenn die Kugelbahnen mit Werkzeugen gefertigt werden, deren Bewegungsablauf auf definierten Ebenen verlaufen soll, wobei die Werkzeugachsen bevorzugt in sich parallel gehalten werden.

Nach einer ersten grundlegenden Ausgestaltungsform ist vorgesehen, daß die Bahnmittellinien M22 der äußeren Kugelbahnen und die Bahnmittellinien M23 der inneren Kugelbahnen in Ebenen E1, E2 liegen, die zueinander parallel und parallel zu den Längsachsen L12, L13 des Gelenks und durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare verlaufen.

Hierbei wird vorgeschlagen, daß das Gelenk als Twinballgelenk ausgeführt ist, wobei die Öffnungswinkel α_1 , α_2 zwischen den Tangenten an die Grundlinien zweier benachbarter Bahnpaare sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM jeweils in die gleiche Richtung, insbesondere zur Anschlußseite des Gelenkaußenteils hin, öffnen.

Nach einer zweiten grundlegenden Ausführungsform wird vorgeschlagen, daß das Gelenk als Gegenbahngelenk ausgeführt ist, wobei die Öffnungswinkel α_1 , α_2 zwischen den Tangenten an die Bahngrundlinien in der Gelenkmittlebene EM zweier benachbarter Bahnpaare sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM in entgegengesetzter Richtung öffnen. Hierbei wird insbesondere vorgeschlagen, daß sich die Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare bei gestrecktem Gelenk auf

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

4

verschiedenen Rollkreisradien PCR befinden.

Nach einer hierzu alternativen weiteren grundlegenden Ausgestaltungsform ist vorgesehen, daß die Bahnmittellinien $M22_1$, $M22_2$ der äußeren Kugelbahnen in ersten Ebenen $E1$, $E2$ verlaufen, die jeweils zueinander parallel und durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare verlaufen und die vom Gelenkmittelpunkt M gleichen senkrechten Abstand haben, wobei sie mit Parallelen zu den Längsachsen $L12$, $L13$ Kreuzungswinkel γ_0 bilden, und daß die Bahnmittellinien $M23_1$, $M23_2$ der inneren Kugelbahnen in zweiten Ebenen $E1'$, $E2'$ verlaufen, die jeweils zueinander parallel und durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare verlaufen und die vom Gelenkmittelpunkt M gleichen senkrechten Abstand haben, wobei sie mit Parallelen zu den Längsachsen $L12$, $L13$ Kreuzungswinkel γ_0' bilden. Die Winkel γ_0 und γ_0' sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet, so daß sich ein Kreuzungswinkel $\gamma_0 + \gamma_0'$ zwischen den Ebenen $E1$, $E2$ der äußeren Bahnen und den Ebenen $E1'$, $E2'$ der inneren Bahnen ergibt.

Im Gegensatz zu der eingangs genannten Ausgestaltungsform, bei der sich die räumlichen Steuerwinkel an den Kugeln abhängig von der Richtung der Drehmomenteinleitung geringfügig verändert, ist es mit der vorstehenden Ausgestaltungsform möglich, die Abhängigkeit der räumlichen Steuerwinkel ε_0 , ε_0' an den Kugeln von der Drehmomentübertragungsrichtung auszugleichen. Hierfür wird insbesondere vorgesehen, daß die Kreuzungswinkel γ_0 , γ_0' so gewählt sind, daß die räumlichen Steuerwinkel der Kugelbahnen an den Kugeln bei rechtsdrehendem Drehmoment Kr_0 und bei linksdrehendem Drehmoment Kl_0 gleich groß sind.

Hierbei ist weiterhin vorgesehen, daß bei einem Mittelpunktswinkel $2\varphi_0$ zwischen den Radialstrahlen $RS1$, $RS2$ durch die Kugelmitten der Kugeln zweier benachbarter Bahnpaare sich der Kreuzungswinkel γ_0 nach der Gleichung $\gamma_0 = \varepsilon_0 \cdot \tan\varphi_0$ errechnet, damit die räumlichen Steuerwinkel bei rechtsdrehendem Drehmoment und linksdrehendem Drehmoment am Gelenk gleich groß sind.

Wenn die Bahnmittellinien in den achsparallelen Ebenen $E1$, $E2$ liegen, ergeben sich aufgrund der Tatsache, daß die Kontaktwinkel δ für rechtsgerichtetes und linksge-

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

5

richtetes Drehmoment symmetrisch zum Radialstrahl RS liegen, unterschiedliche räumliche Steuerwinkel für rechtsdrehendes und linksdrehendes Moment. Die räumlichen Steuerwinkel für die rechtsdrehende Belastung bzw. die linksdrehende Belastung sind

$$Kr_0 = \varepsilon_0 \cdot \cos(\delta + \varphi)$$

$$Kl_0 = \varepsilon_0 \cdot \cos(\delta - \varphi_0).$$

Sie sind wegen des $\pm \varphi_0$ Einflusses deutlich unterschiedlich.

Durch eine Drehung der Ebenen E1, E2 um eine Hochachse um den Kreuzungswinkel γ_0 kann erreicht werden, daß die räumlichen Steuerwinkel $Kr_0 = Kl_0$ gleich werden. Dies ist erfüllt für die Bedingung $\gamma_0 = \varepsilon_0 \cdot \tan \varphi_0$.

In einer ersten Ausgestaltungsform der Bahnquerschnitte ist vorgesehen, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen durch Parabel- oder Ellipsenabschnitte oder durch Spitzbögen (gotische Bögen) gebildet werden, die jeweils mit den Kugeln in zwei Punkten Kontakt erzeugen.

In einer zweiten Ausgestaltungsform der Bahnquerschnitte ist vorgesehen, daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen und der inneren Kugelbahnen durch Kreisabschnitte gebildet werden, deren Krümmungsmittelpunkte mit Abstand zueinander auf dem jeweiligen Radialstrahl RS1, RS2 bzw. der jeweiligen dazu parallelen Geraden PS1, PS2 liegen und deren Krümmungsradius größer als der Kugelradius ist und die mit den Kugeln jeweils Kontakt in nur einem Punkt erzeugen, der bei Drehmomentfreiheit im Bahngrund liegt.

Figur 1 zeigt an einem erfindungsgemäßen Gelenk die erfindungsgemäßen Merkmale

- a) im halben Querschnitt gemäß der Schnittlinie C-C aus Figur 1b
- b) im versetzten Längsschnitt gemäß der Schnittlinie B-B aus Figur 1a;

Figur 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Gelenk als Twinballgelenk

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

6

- a) in Axialansicht
- b) im Längsschnitt gemäß den Schnittebenen A-A, B-B aus Figur 2a;

Figur 3 zeigt ein erfindungsgemäßes Gelenk als Gegenbahngelenk

- a) im Querschnitt durch die Mittelebene EM
- b) im Längsschnitt gemäß der Schnittebene A-A nach Figur 3a
- c) im Querschnitt gemäß der Schnittebene B-B nach Figur 3a;

Figur 4 zeigt ein erfindungsgemäßes Gelenk als Gegenbahngelenk in einer alternativen Ausführung

- a) im Querschnitt durch die Mittelebene EM
- b) in einem Längsschnitt gemäß der Schnittlinie A-A aus Figur 4a;

Figur 5 zeigt einen Teilquerschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gelenk in einer ersten Ausführung des Kugelbahnquerschnitts gemäß der Schnittlinie C-C aus Figur 1b;

Figur 6 zeigt einen Teilquerschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gelenk in einer zweiten Ausführung des Kugelbahnquerschnitts gemäß der Schnittlinie C-C aus Figur 1b;

Figur 7 zeigt das Gelenk nach Figur 1 in abgewandelter Darstellungsform

- a) im halben Querschnitt gemäß der Schnittlinie C-C aus Figur 2b
- b) im versetzten Längsschnitt gemäß der Schnittlinie B-B aus Figur 2a;

Figur 8 zeigt einen Teilquerschnitt durch ein erfindungsgemäßes Gelenk unter Bezugnahme auf Figur 7;

Figur 9 zeigt Winkelverhältnisse nach dem Gelenk gemäß Figur 8 in überhöhter Darstellung.

Die beiden Darstellungen der Figur 1 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. In Figur 1 ist ein Gleichlauffestgelenk 11 gezeigt, das ein Gelenkaußenteil 12, ein

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

7

Gelenkinnenteil 13, drehmomentübertragende Kugeln 14 und einen Kugelkäfig 16 umfaßt. Jeweils zwei Kugeln 14_1 , 14_2 sind in einem gemeinsamen Käfigfenster 17 des Kugelkäfigs aufgenommen. Die Kugeln sind in äußeren Kugelbahnen 22_1 , 22_2 und inneren Kugelbahnen 23_1 , 23_2 gehalten, wobei die Kugelbahnen benachbarter Kugeln 14_1 , 14_2 , Bahnpaare 22_1 , 23_1 ; 22_2 , 23_2 bilden. Mit RS1 und RS2 sind Radialstrahlen von den Längsachsen L12, L13 durch die Mittelpunkte K1, K2 der Kugeln 14_1 , 14_2 eingezeichnet. Mit S1 und S2 sind Schnittlinien von Ebenen E1, E2, E1', E2', in denen die Mittellinien der Kugelbahnen liegen, mit der Schnittebene C-C, die annähernd als Querschnittsebene durch das Gelenk angesehen werden kann, eingezeichnet. In diesen Ebenen E1, E2, E1', E2' liegen die Mittellinien der Kugelbahnen. Diese können als zu den Längsachsen L12, L13 parallele Ebenen oder als mit den Längsachsen L12, L13 einen Kreuzungswinkel bildende, zueinander paarweise parallele Ebenen ausgeführt sein. Die Kugelbahnen sind jeweils symmetrisch zu Symmetrieachsen ES1, ES2, die mit Radialebenen R1, R2 gleich große entgegengesetzte Winkel φ_{01} , φ_{02} bilden und die im vorliegenden Fall mit den Radialstrahlen RS1, RS2 übereinstimmen.

Mit φ_{01} , φ_{02} ist jeweils der halbe Mittelpunktswinkel zwischen den Radialstrahlen RS1, RS2 durch die Mittelpunkte der Kugeln 14_1 , 14_2 bezogen auf die Längsachsen L12, L13 bzw. der halbe Öffnungswinkel zwischen den zwei Radialstrahlen RS1, RS2 eingezeichnet.

Ohne daß die Gestaltung der Kugelbahnen hier näher erkennbar wäre, soll diese so sein, daß bei rechtsdrehendem Moment auf das Gelenkinnenteil das Kräftepaar FR unter einem Winkel δ bezogen auf den Radialstrahl RS an der Kugel angreift und bei linksdrehendem Moment auf das Gelenkinnenteil das Kräftepaar FL unter dem gleich großen Winkel δ bezogen auf den Radialstrahl RS an der Kugel angreift. Der Angriffspunkt der Kräfte FR, FL stellt dabei die Kontaktpunkte der Kugelbahnen mit der Kugel unter Drehmoment dar.

In Figur 1b sind zudem Kugelbahnen 22_2 , 22_3 mit Bahnmittellinien M22, M23 eingezeichnet, sowie die Tangenten T22, T23 an die Kugelbahngrundlinien in der Ebene C-C.

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

8

Parallel zu diesen Tangenten T22, T23 an die Bahngrundlinien laufen Tangenten T22', T23' an die Bahnmittellinien M22, M23, die parallel zu den Tangenten T22, T23 verlaufen und die in Ebenen liegen, die nach obenstehendem parallel zu den Längsachsen L12, L13 oder jeweils unter einem Winkel zu den Längsachsen L12, L13 liegen können.

Die Tangenten T22', T23' an die Bahnmittellinien M22, M23 bilden jeweils Bahnwinkel ε_0 mit einer Parallelen L' zu den Längsachsen L12, L13, wobei die diese Bahnwinkel bildenden Tangenten T22', T23' im erstgenannten Fall in der Zeichnungsebene liegen und im speziellen Fall gegenüber der Darstellungsebene unter den Winkeln φ_0, φ_0' verschränkt sind.

Die Figuren 2a und 2b werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Es ist ein erfindungsgemäßes Gelenk als Twinballgelenk gezeigt, wobei gleiche Einzelheiten mit gleichen Bezugsziffern wie in Figur 1 belegt sind. Auf die dortige Beschreibung wird insoweit Bezug genommen. Hierbei ist erkennbar, daß die Kugelbahnen 22₁, 23₁ und 22₂, 23₂ zweier benachbarter, in einem gemeinsamen Käfigfenster 17 gehaltener Kugeln 14₁, 14₂ gemäß den Schnittebenen A-A und B-B übereinstimmend gestaltet sind. Der hierbei erkennbare übereinstimmende Bahnverlauf gilt für alle Kugelbahnen des Gelenks. Gelenke dieser Art werden von der Anmelderin als Twinballgelenke bezeichnet. Im dargestellten Maßstab sind die Einzelheiten der Bahnquerschnitte nicht im einzelnen erkennbar.

Die einzelnen Darstellungen der Figur 3 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Es ist ein erfindungsgemäßes Gelenk als Gegenbahngelenk gezeigt. Gleiche Einzelheiten sind mit gleichen Bezugsziffern wie in Figur 1 belegt. Auf die Beschreibung wird insoweit Bezug genommen. Wie anhand der verschiedenen Schnitte zu erkennen ist, weisen die Kugelbahnen 22₁, 23₁ von ersten Kugeln 14₁, die mit zweiten Kugeln 14₂ in einem gemeinsamen Käfigfenster 17 gehalten werden, einen ersten Öffnungswinkel α_1 zur Gelenköffnung und die zweiten Kugelbahnen 22₂, 23₂ dieser zweiten Kugeln 14₂, die mit den ersten Kugeln 14₁ in einem gemeinsamen Käfigfenster gehalten sind, einen zweiten Öffnungswinkel α_2 auf, der zum Gelenkbo-

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

9

den hin geöffnet ist.

Die hier für die Kugelbahnen eines Bahnpaares gezeigten Verhältnisse gelten entsprechend für alle Bahnpaare jeweils zweier benachbarter Kugeln, die in einem gemeinsamen Käfigfenster gehalten sind. Hierbei wechseln sich erste Bahnpaare und zweite Bahnpaare über dem Umfang abwechseln. Gelenke der hiermit bezeichneten Art werden von der Anmelderin als Gegenbahngelenke bezeichnet.

Die Darstellungen der Figur 4 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Bezüglich der in Figur 4 dargestellten Einzelheiten wird auf die Beschreibung der Figur 1 Bezug genommen. In Figur 4a ist eine Schnittlinie A-A eingezeichnet, die durch zwei Kugelmitten K_1 , K_2 der Kugeln 14_1 , 14_2 zweier benachbarter Bahnpaare verläuft und parallel zu den Längsachsen L_{12} , L_{13} verläuft. In Figur 4b ist erkennbar, daß die Mittellinien M_{22} der äußeren Kugelbahnen 22_1 , 22_2 in Ebenen E_1 , E_2 liegen, die mit der Längsachse L_{12} einen Winkel γ_0 bilden, während die Mittellinien M_{23} der inneren Kugelbahnen (23_1 , 23_2) in zueinander parallelen Ebenen E_1' , E_2' liegen, die mit der Längsachse L_{13} einen gleich großen, entgegengesetzt angetragenen Winkel γ_0' bilden.

In Figur 5 sind zwei benachbarte Bahnpaare 22_1 , 23_1 ; 22_2 , 23_2 von zwei in einem Käfigfenster 17 gehaltenen Kugeln 14_1 , 14_2 im Querschnitt gezeigt. Die Querschnittsform der Kugelbahnen ist jeweils symmetrisch zu den Radialstrahlen RS_1 , RS_2 , die mit den Bahnquerschnittssymmetrieachsen ES_1 , ES_2 identisch sind. Die Kugelbahnmittellinien liegen in den Ebenen E_1 und E_2 , die parallel zu Radialebenen R_1 sind. Die Querschnittsform jeder Kugelbahn kann parabelartig oder gotisch (aus zwei Kreisbögen mit versetzten Mittelpunkten zusammengesetzt) sein, wobei in jeder der Kugelbahnen Zweipunktkontakt entsteht. Unabhängig von der Gelenkbeugestellung wird ein vorteilhafter Kraftangriffswinkel der vorher genannten Kräftepaare FR sichergestellt, der sich während der Gelenkbeugung im wesentlichen nicht ändert, so daß kein Auswandern der Kugeln zu den Bahnkanten hin stattfindet.

In Figur 6 sind zwei benachbarte Bahnpaare 22_1 , 23_1 ; 22_2 , 23_2 von zwei in einem Käfigfenster 17 gehaltenen Kugeln 14_1 , 14_2 im Querschnitt gezeigt. Die Kugelbahnen

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

10

der Bahnpaare $22_1, 23_1; 22_2, 23_2$ sind auch hier symmetrisch zu den Radialstrahlen RS_1, RS_2 , die mit den Bahnquerschnittssymmetrieachsen ES_1, ES_2 identisch sind. Die Kugelbahnmittellinien liegen in den Ebenen E_1, E_2 , die parallel zu Radialebenen R_1 sind. Die Querschnitte der Kugelbahnen jedes Bahnpaares werden aus Kreisbögen gebildet, deren Mittelpunkte $M_{1a}, M_{1i}; M_{2a}, M_{2i}$ auf dem jeweiligen Radialstrahl RS_1, RS_2 liegen, wobei die Radien R_a, R_i deutlich größer als der Kugelradius sind. Hierdurch entsteht bei Drehmomentfreiheit Kontakt der Kugeln $14_1, 14_2$ mit den Kugelbahnen $22_1, 23_1, 22_2, 23_2$ jeweils im Bahngrund.

Die Darstellungen der Figur 7 werden nachstehend gemeinsam beschrieben. Gleiche Einzelheiten sind mit gleichen Bezugsziffern wie in Figur 1 belegt. Auf die vorangehende Beschreibung wird insoweit Bezug genommen.

In Figur 7a ist der Rollkreisradius PCR nach seinen zwei Komponenten PCR_x und PCR_y bezüglich der Achsen x senkrecht zur Schnittebene $B-B$ und y parallel zu Schnittebene $B-B$ zerlegt.

In Figur 7b ist die Bewegung der Kugel 14_2 bei einer Abbeugung des Gelenkinnen-teils 13 gegenüber dem Gelenkaußenteil 12 nach links um einen Winkel β gezeigt, wobei sich die Kugel in Bezug auf den Mittelpunkt M um einen Winkel $\beta/2$ gegenüber dem Gelenkaußenteil 12 verschiebt. Hierbei sind die Rollkreisradien $PCR_y(0)$ bei gestrecktem Gelenk und $PCR_y(\beta/2)$ bei um den Winkel β gebeugtem Gelenk gezeigt. Aufgrund des Bahnverlaufes ist $PCR_y(\beta/2)$ größer als $PCR_y(0)$.

Für das nicht gebeugte Gelenk ergibt sich damit

$$PCR_0 = \sqrt{(PCR_x^2 + PCR_y^2)}$$

und ein Teilungswinkel φ_0 , wobei sich der Teilungswinkel φ berechnet aus

$$\tan \varphi_0 = PCR_x / PCR_y$$

und für das gebeugte Gelenk entsprechend

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

11

$$PCR = \sqrt{(PCR_x^2 + PCR_y^2)}$$

und ein Teilungswinkel φ , wobei sich der Teilungswinkel φ berechnet aus

$$\tan \varphi = PCR_x / PCR_y.$$

Da sich längs der Kugelbahnen PCR und φ nur geringfügig ändern, haben auch Bahnen, die mit einem konstanten Winkel φ_K gegenüber den Längsebenen durch die Radialstrahlen R1 gefertigt werden, die erfindungsgemäß vorteilhafte Krafteinleitung in die Kugelbahnen.

Je nach Drehstellung des Gelenkes und abhängig vom Beugewinkel befindet sich die Kugel längs der Kugelbahn an anderen Stellungen. Unter der Voraussetzung, daß die Kugelbahnen in zueinander parallelen und zu den Längsachse L12, L13 parallelen Ebenen liegen, ist PCR_x hierbei unverändert gleich, während PCR_y variieren kann. Damit ändert sich der Winkel φ zwischen der Mittenebene durch die Längsachsen L12, L13 und die Achse Y und dem Radialstrahl RS aus der Gelenkmittle M durch die Kugelmittle K geringfügig.

Um die erfindungsgemäße Symmetrie der Kugelbahnen exakt aufrechtzuerhalten, müssen die Krümmungsmittelpunkte M1i und M1a bzw. M2i und M2a in Ebenen liegen, die durch die Radialstrahlen RS1, RS2 und die Längsachsen L12, L13 aufgespannt werden.

Gemäß der hier gezeigten Ausführung liegen daher die Mittelpunkt M1i und M1a jeweils in einer Ebene, die parallel zu den Ebenen liegt, die die Bahnmittellinien enthalten. Damit wird zwar die Wirkungslinie (Symmetrieachse des Bahnquerschnittes) nicht mehr in jeder Stellung exakt durch den Gelenkmittelpunkt M gehen, sondern durch einen Mittelpunkt M'. Die Abweichung a zwischen den beiden Ebenen ist hierbei relativ klein. Sie errechnet sich

$$a = (PCR_y(\beta) - PCR_y(0)) \cdot \sin \varphi_0$$

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

12

und die Abweichung der Symmetrieebene des Kugelbahnquerschnittes zum Radialstrahl beträgt

$$\Delta\delta \approx a/PCR[\text{rad.}].$$

In Figur 8 sind gleiche Einzelheiten wie in Figur 4 mit gleichen Bezugsziffern belegt. Hierbei ist die Auswirkung der in Figur 7b dargestellten Kugelbewegung bei Gelenkbeugung für die Kugel 14, übernommen worden. Während die Mittellinien der Kugelbahnen immer in den Ebenen E1, E2 verlaufen, verlagern sich die Symmetrieebenen der Bahnquerschnitte, die nicht mehr durch die zweiten Radialstrahlen RS1, RS2 definiert werden, die sich im Gelenkmittelpunkt M schneiden, sondern durch die dazu parallelen Symmetrieachsen ES₁, ES₂, die sich im Punkt M' in der Radialebene R1 schneiden. Der Bahnmittelpunkt M₁₀ verlagert sich in der Ebene E1 in den Bahnmittelpunkt M1. Ein Radialstrahl vom Gelenkmittelpunkt M bzw. der Längsachse durch den Bahnmittelpunkt weicht vom Radialstrahl RS1 um den Winkel $\Delta\delta$ ab. Der Abstand zwischen den Mittelpunkten M, M' und M₁₀, M₁ ist mit ΔPCR_y bezeichnet.

In Figur 9 sind die Winkelverhältnisse aus Figur 8 in vergrößerter Einzelheit dargestellt.

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

13

Kugelfestgelenk mit gedrehten Bahnquerschnitten

Patentansprüche

1. Gleichlaufgelenk in Form eines Festgelenkes mit den Merkmalen:
ein Gelenkaußenteil (12), das eine Längsachse L12 und axial zueinander entgegengesetzt liegend eine Anschlußseite und eine Öffnungsseite hat und das äußere Kugelbahnen (22₁, 22₂) aufweist,
ein Gelenkinnenteil (13), das eine Längsachse L13 und Anschlußmittel für eine zur Öffnungsseite des Gelenkaußenteils (12) weisende Welle hat und das innere Kugelbahnen (23₁, 23₂) aufweist,
die äußeren Kugelbahnen und die inneren Kugelbahnen bilden Bahnpaare (22₁, 23₁; 22₂, 23₂) miteinander,
die Bahnpaare nehmen jeweils eine drehmomentübertragende Kugel (14₁, 14₂) auf,
jeweils zwei benachbarte Bahnpaare haben äußere Kugelbahnen (22₁, 22₂), deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen (E1, E2) liegen, und innere Kugelbahnen (23₁, 23₂), deren Mittellinien in zueinander im wesentlichen parallelen Ebenen (E1', E2') liegen,
ein ringförmiger Kugelkäfig (16) sitzt zwischen Gelenkaußenteil (12) und Gelenkinnenteil (13) und weist umfangsverteilte Käfigfenster (17) auf, die jeweils die drehmomentübertragenden Kugeln (14₁, 14₂) zweier benachbarter Bahnpaare (22₁, 23₁; 22₂, 23₂) aufnehmen,
die Mittelpunkte K₁, K₂ der Kugeln (14₁, 14₂) werden beim gestreckten Gelenk vom Kugelkäfig (16) in der Gelenkmittlebene EM gehalten und bei Gelenkbeugung auf die winkelhalbierende Ebene zwischen den Längsachsen L12, L13 geführt,

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

14

die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22_1 , 22_2) und der inneren Kugelbahnen (23_1 , 23_2) eines jeden Bahnpaares sind symmetrisch zu Symmetrieachsen (ES_1 , ES_2), die mit den Ebenen ($E1$, $E2$, $E1'$, $E2'$) gleich große entgegengesetzt angetragene Winkel φ_1 , φ_2 bilden und jeweils einen gemeinsamen Punkt (M , M') haben.

2. Gelenk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22_1 , 22_2) und der inneren Kugelbahnen (23_1 , 23_2) eines jeden Bahnpaares jeweils symmetrisch zu Radialstrahlen ($RS1$, $RS2$) von den Längsachsen ($L12$, $L13$) durch die Kugelmitten $K1$, $K2$ der drehmomentübertragenden Kugeln (14_1 , 14_2) des Bahnpaares sind.

3. Gelenk nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22_1 , 22_2) und der inneren Kugelbahnen (23_1 , 23_2) eines jeden Bahnpaares jeweils symmetrisch zu in der Querschnittsebene liegenden Geraden (PS_1 , PS_2) sind, die parallel zu Radialstrahlen ($RS1$, $RS2$) von den Längsachsen $L12$, $L13$ durch die Kugelmitten $K1$, $K2$ der drehmomentübertragenden Kugeln (14_1 , 14_2) des Bahnpaares sind und die sich jeweils in einem gemeinsamen Punkt M' mit Abstand zu den Längsachsen $L12$, $L13$ schneiden.

4. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

dadurch gekennzeichnet,

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

15

daß die Winkel φ_1, φ_2 im Bereich von $0,8 \dots 1,3 \varphi_0$ liegen, wobei $2\varphi_0$ der Mittelpunktswinkel bei gestrecktem Gelenk zwischen Radialstrahlen (RS1, RS2) von den Längsachsen L12, L13 durch die Kugelmitten K1, K2 der Kugeln (14₁, 14₂) zweier benachbarter Bahnpaare (22₁, 23₁; 22₂, 23₂) ist.

5. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien (M22) der äußeren Kugelbahnen (22₁, 22₂) und die Bahnmittellinien (M23) der inneren Kugelbahnen (23₁, 23₂) in Ebenen (E1, E2) liegen, die zueinander parallel und parallel zu den Längsachsen (L12, L13) des Gelenks sind und durch die Kugelmitten der Kugeln (14₁, 14₂) zweier benachbarter Bahnpaare (22₁, 23₁; 22₂, 23₂) verlaufen.

6. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnmittellinien (M22) der äußeren Kugelbahnen (22₁, 22₂) in ersten Ebenen (E1, E2) und die Mittellinien (M23) der inneren Kugelbahnen (23₁, 23₂) in zweiten Ebenen (E1', E2') verlaufen, die jeweils zueinander parallel sind und durch die Kugelmitten der Kugeln (14₁, 14₂) zweier benachbarter Bahnpaare (22₁, 23₁; 22₂, 23₂) verlaufen und die jeweils vom Gelenkmittelpunkt (M) gleichen senkrechten Abstand haben, wobei sie mit den Längsachsen (L12, L13) gleich große entgegengesetzt gerichtete Kreuzungswinkel (γ_0, γ_0') bilden.

7. Gelenk nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet,

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

16

daß die Kreuzungswinkel (γ_0, γ_0') so gewählt sind, daß die räumlichen Steuerwinkel (ϵ_0, ϵ_0') der Kugelbahnen an den Kugeln ($14_1, 14_2$) bei rechtsdrehender Belastung und bei linksdrehender Belastung gleich groß sind.

8. Gelenk nach Anspruch 7,

dadurch gekennzeichnet,

daß bei einem Mittelpunktswinkel $2\varphi_0$ zwischen den Radialstrahlen (RS1, RS2) durch die Kugelmitten K1, K2 der Kugeln ($14_1, 14_2$) zweier benachbarter Bahnpaare ($22_1, 23_1; 22_2, 23_2$) sich der Kreuzungswinkel γ_0 nach der Gleichung $\gamma_0 = \epsilon_0 \cdot \tan \varphi_0$ errechnet, damit die räumlichen Steuerwinkel bei rechtsdrehender Belastung und linksdrehender Belastung am Gelenk gleich groß sind.

9. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Öffnungswinkel (α_1, α_2) zwischen den Tangenten an die Grundlinien zweier benachbarter Bahnpaare ($22_1, 22_2; 23_1, 23_2$) sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM jeweils in die gleiche Richtung, insbesondere zur Anschlußseite des Gelenkaußenteils hin, öffnen. (Twinballgelenk)

10. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Öffnungswinkel (α_1, α_2) zwischen den Tangenten an die Bahngrundlinien in der Gelenkmittlebene (EM) zweier benachbarter Bahnpaare ($22_1, 23_1, 22_2, 23_2$) sich bei gestrecktem Gelenk in der Gelenkmittlebene EM in entgegengesetzter Richtung öffnen. (Gegenbahngelenk)

WO 2005/028896

PCT/EP2004/006090

17

11. Gelenk nach Anspruch 10,

dadurch gekennzeichnet,

daß sich die Kugeln (14₁, 14₂) zweier benachbarter Bahnpaare (22₁, 23₁, 22₂, 23₂) bei gestrecktem Gelenk auf verschiedenen Rollkreisradien (PCR) befinden.

12. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22) und der inneren Kugelbahnen (23) durch Parabel- oder Ellipsenabschnitte oder durch Spitzbögen (gotische Bögen) gebildet werden, die jeweils mit den Kugeln in zwei Punkten Kontakt erzeugen.

13. Gelenk nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

dadurch gekennzeichnet,

daß die Bahnquerschnitte der äußeren Kugelbahnen (22) und der inneren Kugelbahnen (23) durch Kreisabschnitte gebildet werden, deren Krümmungsmittelpunkte mit Abstand zueinander auf dem jeweiligen Radialstrahl (RS1, RS2) bzw. der jeweiligen dazu parallelen Geraden (PS1, PS2) liegen und deren Krümmungsradius größer als der Kugelradius ist und die mit den Kugeln (14₁, 14₂) jeweils Kontakt in einem Punkt erzeugen.